紫花苜蓿粗多糖对蛋鸡生产性能、蛋品质及盲肠微生物数量的影响

王进宇　董晓芳*　佟建明

（中国农业科学院北京畜牧兽医研究所，北京 100193）

摘　要：本试验旨在研究饲粮中添加不同水平紫花苜蓿粗多糖对蛋鸡生产性能、蛋品质及盲肠微生物数量的影响。选取 540 只 30 周龄的海兰褐壳蛋鸡，随机分为 6 组，每组 6 个重复，每个重复 15 只鸡。对照组饲喂玉米-豆粕型基础饲粮，试验组分别在基础饲粮中添加 250、500、1 000、2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖。试验期 144 d。结果表明：1）试验第 1~8 周，2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组产蛋率显著高于对照组和 250 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组(P＜0.05)；试验第 17~20 周，2 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组平均日采食量显著高于对照组和 250 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组(P＜0.05)，同时 250 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组料蛋比显著低于对照组和 500 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组(P＜0.05)。2）与对照组相比，试验第 144 天，各紫花苜蓿粗多糖组蛋黄颜色均显著加深(P＜0.05)；试验第 90 天，4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组哈夫单位显著降低(P＜0.05)；试验第 60 天，2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组蛋形指数显著降低(P＜0.05)，试验第 120 天，1 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组蛋形指数亦显著降低(P＜0.05)；试验第 61~90 天，250、1 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组软破壳蛋率显著降低(P＜0.05)。3）与对照组相比，试验第 80 天，500、2 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组盲肠大肠杆菌数量显著降低(P＜0.05)，盲肠乳酸杆菌数量显著增加(P＜0.05)，同时 4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组盲肠乳酸杆菌数量也显著增加(P＜0.05)；试验第 144 天，1 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组盲肠沙门氏菌数量显著降低(P＜0.05)；试验第 40、80、120、144 天，500、

收稿日期：2016-08-01
基金项目："十二五"国家科技支撑计划课题（2013BAD10B04）；国家蛋鸡产业技术体系建设专项经费（CARS-41-K16）；中国农业科学院科技创新工程（ASTIP-IAS08）
作者简介：王进宇（1990-），男，四川成都人，硕士研究生，从事蛋鸡营养与饲料科学的研究。E-mail: wjyahead@sina.com
*通信作者：董晓芳，副研究员，硕士生导师，E-mail: xiaofangd1124@sina.com

1 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组盲肠双歧杆菌数量均有所升高，但差异不显著(P＞0.05)。由此可见，饲粮中添加适宜水平的紫花苜蓿粗多糖可以显著提高产蛋期蛋鸡生产性能，改善蛋品质，优化盲肠菌群结构，且 500 mg/kg 为适宜添加水平。

关键词：苜蓿粗多糖；蛋鸡；生产性能；蛋品质；盲肠微生物

中图分类号：S831　　　　　　文献标识码：　　　　　　　文章编号：

苜蓿（alfalfa）即紫花苜蓿，是一种优质的多年生豆科牧草，因其产草量大、营养均衡、易于消化且适口性良好而备受畜牧养殖业推崇。苜蓿多糖（alfalfa polysaccharides，APS）是从苜蓿茎、叶中提取的一类易溶于水的非淀粉酸性多糖[1]，其单糖组成主要包括木糖、阿拉伯糖、葡萄糖、鼠李糖、半乳糖、葡萄糖醛酸和半乳糖醛酸[2]，具有多种生物活性。研究表明，动物饲粮中添加一定剂量的苜蓿多糖具有促进动物生长[3]、提高养分利用率、促进蛋白质合成[4]、增强免疫力[5]、提高抗氧化性能[6]等作用。在动物消化道中通常定植有数量庞大、种类各异的微生物，它们不仅参与营养素的合成、消化、吸收，还具有免疫调节和阻止病原微生物入侵等作用。因此，健康稳定的肠道菌群对于促进动物生长发育、提高生产性能、改善畜产品品质等方面有十分重要的意义。研究发现，苜蓿多糖具有促进动物肠道后段的有益菌增殖、调节肠道微生物区系、促进肠道健康的作用[7]。此外，苜蓿多糖同其他来源的植物多糖一样，具有纯天然、无毒副作用的特点，因此在开发成为可替代抗生素的绿色饲料添加剂方面有着巨大的潜力。目前，国内外有关苜蓿多糖对产蛋鸡的影响鲜有报道。为此，本试验以海兰褐壳开产蛋鸡为研究对象，通过在蛋鸡饲粮中添加不同水平的紫花苜蓿粗多糖，研究其对蛋鸡生产性能、蛋品质及盲肠微生物数量的影响，为苜蓿多糖作为绿色饲料添加剂在蛋鸡产业中的应用提供理论基础和试验依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

本试验选用头茬现蕾期紫花苜蓿（购自内蒙古土默特左旗），切割为 60 cm 长的草段并

风干，采用水提、醇沉、脱蛋白法提取紫花苜蓿粗多糖。经苯酚-硫酸法测得其中紫花苜蓿粗多糖含量为22.71%。

1.2 试验动物及基础饲粮

试验动物选用540只30周龄的海兰褐壳蛋鸡。基础饲粮以玉米、豆粕为主要原料，参考NRC（1994）推荐的蛋鸡营养需要量确定营养水平，基础饲粮组成及营养水平见表1。

表1 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of the basal diet (air-dry basis) %

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	64.00
豆粕 Soybean meal	24.00
豆油 Soybean oil	1.00
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	1.20
石粉 Limestone	8.50
食盐 NaCl	0.30
预混料 Premix[1)]	1.00
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.52
粗蛋白质 CP	16.38
钙 Ca	3.50
有效磷 AP	0.40
蛋氨酸 Met	0.35
蛋氨酸+半胱氨酸 Met＋Cys	0.64
赖氨酸 Lys	0.80

[1)]预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet:Mn 63.6 mg，Zn 69 mg，Fe 30 mg，Cu 6.25 mg，I 0.4 mg，Se 0.2 mg，VA 8 000 IU，VD_3 3 000 IU，VE 15 IU，VK_3 2 mg，VB_1 2 mg，VB_2 4 mg，VB_6 4 mg，VB_{12} 0.01 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 12 mg，烟酸 nicotinic acid 40 mg，叶酸 folic acid 1 mg，生物素 biotin 0.1 mg，胆碱 choline 212.5 mg。

[2)]有效磷、代谢能、粗蛋白质、钙、蛋氨酸、赖氨酸、蛋氨酸+半胱氨酸均为根据《中国饲料成分及营养价值表（2014）》计算所得值。AP, ME, CP, Ca, Met, Lys and Met＋Cys were

calculated values according to *The Tables of Feed Composition and Nutritive Values in China* (2014).

1.3 试验设计与饲养管理

采用单因子完全随机试验设计，选用 30 周龄、体重和产蛋率无显著差异（$P>0.05$）、健康的 540 只海兰褐壳蛋鸡，随机分为 6 组，每组 6 个重复，每个重复 15 只鸡。对照组饲喂不添加紫花苜蓿粗多糖的基础饲粮，试验组分别饲喂在基础饲粮中添加 250、500、1 000、2 000 和 4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖的试验饲粮。预试期 2 周，各组统一饲喂基础饲粮，统计各组生产性能，经分析无显著差异（$P>0.05$）后开始进行正式试验，正试期 144 d。饲养试验在中国农业科学院北京畜牧兽医研究所昌平试验基地进行，采用 3 层层叠式笼养，每笼 3 只鸡，每日喂料 3 次，自由采食和饮水。采用人工补光加自然光照，每天光照 16 h。每天记录鸡舍内温度、湿度，同时观察鸡只健康状况，并记录死淘鸡数及其原因。

1.4 测定指标

1.4.1 生产性能

试验期间，每天以重复为单位记录产蛋数、蛋重；每周末结料 1 次。试验结束后根据记录计算各组鸡只的产蛋率、平均蛋重、平均日采食量和料蛋比。

1.4.2 蛋品质

试验期间，每天以重复为单位记录软破壳蛋数，计算各组的软破壳蛋率；在试验第 30、60、90、120、144 天，采集当天所有鸡蛋，于 12 h 内进行蛋品质测定。采用蛋品质测定仪(EMT-2 500,Robotmation 公司，日本)测定哈氏单位、蛋黄颜色；采用卵形系数测定器(NFN384,FHK 公司，日本)测定每枚鸡蛋的纵径与横径。

蛋形指数＝（纵径/横径）×100。

1.4.3 盲肠微生物数量

试验第 40、80、120、144 天，分别于每个重复挑选 1 只接近平均体重的鸡只，处死后

剖开腹腔，结扎右侧盲肠，酒精消毒结扎口后立即运回实验室。在无菌操作台称取 0.5 g 盲肠内容物置于已灭菌的 10 mL 离心管，并加入已灭菌的生理盐水 4.5 mL，振荡 4～5 min，此为 10^{-1}；静置一段时间后，吸取上清液 0.5 mL 于 4.5 mL 已灭菌生理盐水中进行 10^{-2} 稀释，振荡 4～5 s，并依次进行 10^{-3}～10^{-7} 倍稀释。选择 3 个合适的稀释度，每一稀释度取 50 µL，分别接种于伊红美蓝琼脂(EMB)培养基（大肠杆菌）、沙门氏菌-志贺氏菌琼脂（SS）培养基（沙门氏菌）、乳酸细菌(MRS)培养基（乳酸杆菌）和双歧杆菌（TPY）培养基（双歧杆菌）。大肠杆菌 37 ℃有氧培养 24 h，沙门氏菌 37 ℃有氧培养 24 h，乳酸杆菌和双歧杆菌 37 ℃厌氧培养 48～72 h。每克盲肠内容物所含有的细菌数用 lg（CFU/g）表示，计算公式如下：

每克盲肠内容物菌落数=lg（菌落数×稀释倍数×每次稀释取样毫升数）/（接种用样品毫升数×样品克数）

1.5 数据处理与分析

试验数据采用 SAS 9.2 软件 ANOVA 程序进行方差分析，用 Duncan 氏法进行组间多重比较，以 P<0.05 为差异显著。试验结果以“平均值（means）±标准差（SD）”来表示，其中产蛋率和软破壳蛋率经反正弦转换后进行方差分析。

2 结　果

2.1 紫花苜蓿粗多糖对蛋鸡生产性能的影响

由表 2 可知，与对照组相比，试验第 1~8 周，2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组显著提高了产蛋率(P＜0.05)；试验第 1~20 周，250、500、1 000、2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组产蛋率分别提高了 0.07%、1.21%、2.19%、1.59%和 1.12%(P＞0.05)。就各紫花苜蓿粗多糖组而言，2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组在试验第 1~8 周产蛋率显著高于 250 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组(P＜0.05)，其余阶段各紫花苜蓿粗多糖组间产蛋率无显著差异(P＞0.05)。试验第 17~20 周，500、1 000、2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组平均日采

食量较对照组显著增加($P<0.05$)；试验第 1~20 周，各紫花苜蓿粗多糖组蛋鸡平均日采食量均高于对照组，但差异不显著($P>0.05$)。2 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组平均日采食量在试验第 17~20 周显著高于 250 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组($P<0.05$)。料蛋比方面，与对照组相比，试验第 17~20 周，250 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组显著降低($P<0.05$)，同时 250、1 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组显著低于 500 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组($P<0.05$)。饲粮中添加紫花苜蓿粗多糖对平均蛋重没有显著影响($P>0.05$)。

表 2　紫花苜蓿粗多糖对蛋鸡生产性能的影响

Table 2　Effects of alfalfa crude polysaccharides on performance of laying hens (n=6)

项目 Items	试验阶段 Trial period/周	紫花苜蓿粗多糖添加水平 Alfalfa crude polysaccharides supplemental level/（mg/kg）						P 值 P-value
		0	250	500	1 000	2 000	4 000	
产蛋率 Laying rate/%	1~8	87.91±2.55^{b}	88.02±1.61^{b}	90.97±3.79^{ab}	90.05±2.75^{ab}	93.05±1.55^{a}	92.24±4.01^{a}	0.046 3
	9~16	90.44±2.64	92.96±2.57	89.83±3.13	92.77±1.51	91.74±2.26	92.55±3.39	0.300 0
	17~20	87.18±2.78	90.46±3.53	91.01±2.65	92.64±3.19	91.18±2.72	89.95±2.57	0.083 1
	1~20	89.23±2.74	89.29±2.11	90.31±3.89	91.18±1.88	90.65±3.49	90.23±4.28	0.875 5
平均日采食量 ADFI/g	1~8	106.29±3.15	107.46±4.75	108.21±2.81	106.23±1.73	108.79±3.35	105.87±3.08	0.602 7
	9~16	116.12±1.19	117.01±2.87	115.42±2.80	117.26±1.72	117.87±1.86	116.59±0.90	0.366 5
	17~20	114.31±1.62^{c}	115.87±3.76^{bc}	117.00±1.89^{ab}	117.33±0.94^{ab}	118.55±0.83^{a}	116.96±0.86^{ab}	0.011 8
	1~20	111.09±1.85	112.63±3.64	111.93±2.68	112.46±1.32	114.26±2.11	112.06±1.63	0.359 7
料蛋比 Feed/egg	1~8	2.03±0.07	2.10±0.08	2.02±0.07	2.02±0.07	2.05±0.09	1.99±0.06	0.311 4
	9~16	2.07±0.09	2.07±0.12	2.11±0.13	2.04±0.03	2.06±0.05	2.02±0.07	0.667 1
	17~20	2.12±0.07^{ab}	1.98±0.09^{c}	2.12±0.19^{a}	2.08±0.12^{bc}	2.07±0.07^{abc}	2.07±0.06^{abc}	0.035 9
	1~20	2.08±0.06	2.03±0.08	2.10±0.11	2.04±0.03	2.05±0.06	2.03±0.07	0.576 2
平均蛋重 Average egg weight/g	1~8	57.82±1.47	58.03±1.17	57.50±0.59	58.26±1.17	59.32±1.19	58.22±0.66	0.149 2
	9~16	61.50±1.47	62.08±0.89	60.82±0.94	61.91±1.00	62.50±1.35	62.32±0.61	0.114 4
	17~20	61.80±1.99	62.45±1.24	61.99±1.61	62.45±1.22	62.90±1.54	62.83±1.31	0.803 2
	1~20	60.10±1.53	60.48±0.86	59.59±0.73	60.42±1.00	60.96±1.41	60.65±0.63	0.342 9

同行数据肩标相同字母或无字母表示差异不显著（P＞0.05），不同小写字母表示差异显著（P＜0.05）。下表同。

In the same row, values with the same or no letter superscripts mean no significant difference (P>0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P<0.05). The same as below.

2.2 紫花苜蓿粗多糖对蛋鸡蛋品质的影响

由表 3 可知，与对照组相比，试验第 30 天，1 000、2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组蛋黄颜色显著降低($P<0.05$)；试验第 90 天，500、1 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组蛋黄颜色显著降低($P<0.05$)；试验第 144 天，250、500、1 000、2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组蛋黄颜色均显著提高($P<0.05$)。不同阶段各紫花苜蓿粗多糖组间比较，250、500 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组蛋黄颜色在试验第 30、144 天均显著高于 2 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组($P<0.05$)；试验第 90 天，2 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组蛋黄颜色显著高于 500、1 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组($P<0.05$)。试验第 90 天，4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组哈夫单位显著低于对照组和 500 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组($P<0.05$)。试验第 60 天，2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组蛋形指数显著低于对照组($P<0.05$)；试验第 120 天，1 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组蛋形指数显著低于对照组($P<0.05$)。2 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组蛋形指数在试验第 60 天显著低于 250、500、1 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组($P<0.05$)，1 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组蛋形指数在试验第 120 天显著低于 250、500、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组($P<0.05$)。软破壳蛋率方面，试验第 61~90 天，250、1 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组显著低于对照组及其他各组($P<0.05$)；从试验全期（第 1~144 天）来看，各紫花苜蓿粗多糖组软破壳蛋率均低于对照组，但差异并不显著($P>0.05$)。

表 3　紫花苜蓿粗多糖对蛋鸡蛋品质的影响

Table 3　Effects of alfalfa crude polysaccharides on egg quality of laying hens (*n*=6)

项目 Items	试验阶段 Trial period/d	紫花苜蓿粗多糖添加水平 Alfalfa crude polysaccharides supplemental level/（mg/kg）						*P* 值 *P*-value
		0	250	500	1 000	2 000	4 000	
蛋黄颜色 Egg yolk color	30	7.28±0.44^{a}	7.39±0.13^{a}	7.38±0.09^{a}	6.43±0.75^{b}	6.35±0.16^{b}	6.40±0.39^{b}	＜0.000 1
	60	6.34±0.37	6.09±0.48	5.98±0.21	6.05±0.10	6.05±0.06	6.48±0.16	0.108 1
	90	7.36±0.43^{a}	7.33±0.19^{ab}	6.88±0.48^{c}	6.91±0.44^{bc}	7.40±0.11^{a}	6.91±0.26^{bc}	0.017 2
	120	6.75±0.28	7.00±0.11	6.74±0.38	6.75±0.40	6.56±0.52	6.88±0.27	0.398 7
	144	6.35±0.18^{c}	7.07±0.17^{a}	6.98±0.40^{a}	6.79±0.07^{ab}	6.66±0.26^{b}	7.04±0.14^{a}	＜0.000 1
哈夫单位 Haugh unit	30	88.29±2.25	86.73±1.71	88.82±1.39	87.26±1.25	88.34±1.48	88.07±1.24	0.245 6
	60	87.67±2.02	85.90±3.03	86.72±3.20	84.39±0.98	84.88±0.98	86.28±1.06	0.285 2
	90	89.18±1.98^{a}	87.33±2.36^{ab}	89.31±1.65^{a}	87.27±2.14^{ab}	86.77±1.67^{ab}	86.11±1.82^{b}	0.041 0
	120	85.89±2.63	86.62±0.99	87.14±2.63	84.53±3.56	86.13±2.60	87.12±1.32	0.458 6
	144	87.63±2.32	85.44±2.23	87.1±2.12	86.13±2.93	86.84±2.62	86.64±1.15	0.648 8
蛋形指数 Egg shape index	30	1.26±0.01	1.25±0.01	1.25±0.01	1.25±0.01	1.26±0.01	1.26±0.01	0.845 5
	60	1.28±0.02^{a}	1.27±0.01^{ab}	1.26±0.02^{ab}	1.26±0.00^{ab}	1.24±0.01^{c}	1.25±0.01^{bc}	0.004 0
	90	1.28±0.01	1.27±0.01	1.27±0.01	1.27±0.01	1.27±0.01	1.27±0.02	0.351 9
	120	1.28±0.01^{a}	1.27±0.01^{a}	1.29±0.02^{a}	1.24±0.04^{b}	1.26±0.02^{ab}	1.27±0.01^{a}	0.031 4
	144	1.29±0.04	1.28±0.02	1.30±0.03	1.28±0.01	1.28±0.02	1.29±0.02	0.469 4
软破壳蛋率 Soft shelled or cracked eggs rate/%	1~30	0.92±0.45	0.99±0.51	1.30±0.48	0.97±0.66	1.14±0.46	0.93±0.43	0.707 4
	31~60	1.58±0.55	1.25±0.71	1.23±1.52	0.88±0.62	1.47±0.89	0.64±0.54	0.272 0
	61~90	1.40±0.42^{a}	0.72±0.35^{b}	1.35±0.61^{a}	0.68±0.24^{b}	1.14±0.25^{a}	1.14±0.31^{a}	0.005 1
	91~120	1.37±0.77	1.31±0.81	1.66±1.13	1.04±0.60	1.48±0.91	1.07±0.73	0.758 1
	121~144	2.40±1.23	0.86±0.61	1.03±0.82	0.99±0.72	1.08±0.62	0.63±0.57	0.070 9
	1~144	1.44±0.41	1.06±0.34	1.33±0.68	0.89±0.42	1.26±0.50	0.90±0.21	0.178 5

2.3 紫花苜蓿粗多糖对蛋鸡盲肠微生物数量的影响

由表 4 可知，饲粮中添加紫花苜蓿粗多糖可显著影响试验第 80 天产蛋鸡盲肠大肠杆菌、沙门氏菌及乳酸杆菌的数量(P＜0.05)。与对照组相比，在试验第 80 天，500、1 000、2 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组盲肠大肠杆菌数量显著降低(P＜0.05)，且 500、2 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组盲肠大肠杆菌数量显著低于 250 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组(P＜0.05)。在试验第 80 天，500、1 000、2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组盲肠沙门氏菌数量均低于对照组，但差异不显著(P＞0.05)，1 000、2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组盲肠沙门氏菌数量显著低于 250 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组(P＜0.05)；试验第 144 天，1 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组盲肠沙门氏菌数量显著低于对照组和 250、2 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组(P＜0.05)。试验第 80 天，500、2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组盲肠乳酸杆菌的数量显著高于对照组(P＜0.05)；试验第 120 天，500、1 000、2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组盲肠乳酸杆菌数量均高于对照组，但差异不显著(P＞0.05)，500、2 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组盲肠乳酸杆菌数量显著高于 250 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组(P＜0.05)。饲粮中添加紫花苜蓿粗多糖对盲肠双歧杆菌的增殖有一定的促进作用，但对盲肠双歧杆菌数量的影响不显著(P＞0.05)。

表 4　紫花苜蓿粗多糖对蛋鸡盲肠微生物数量的影响

Table 4　Effects of alfalfa crude polysaccharides on cecal microflora numbers of laying hens (*n*=6)　　lg(CFU/g)

项目	试验阶段	紫花苜蓿粗多糖添加水平 Alfalfa crude polysaccharides supplemental level/（mg/kg）						*P* 值
Items	Trial period/d	0	250	500	1 000	2 000	4 000	*P*-value
	40	5.60±0.34	5.54±0.50	5.51±0.67	6.07±0.65	5.76±0.58	5.88±0.63	0.496 0
大肠杆菌	80	6.30±0.46^{a}	6.03±0.75^{ab}	5.24±0.35^{c}	5.39±0.59^{bc}	5.32±0.27^{c}	5.63±0.67^{abc}	0.010 2
Escherichia coli	120	6.61±0.74	6.72±0.54	6.35±0.57	6.08±0.63	5.83±0.31	5.94±0.52	0.055 9
	144	6.41±0.25	6.50±0.28	6.52±0.36	6.29±0.41	6.21±0.48	6.35±0.35	0.673 4
	40	5.86±0.40	5.63±0.43	5.64±0.43	5.76±0.60	5.36±0.46	5.41±0.46	0.403 7
沙门氏菌	80	6.00±0.54^{ab}	6.21±0.80^{a}	5.53±0.29^{ab}	5.26±0.50^{b}	5.27±0.28^{b}	5.47±0.78^{b}	0.031 8
Salmonella	120	6.32±0.55	6.37±0.62	6.10±0.71	6.33±0.63	5.94±0.08	6.08±0.60	0.728 5
	144	6.31±0.07^{a}	6.28±0.12^{a}	6.25±0.10^{ab}	6.09±0.08^{b}	6.27±0.07^{a}	6.17±0.24^{ab}	0.048 6
	40	6.43±1.01	6.31±0.94	6.92±0.99	6.95±0.48	7.24±0.17	7.12±0.16	0.191 6
乳酸杆菌	80	5.94±0.87^{b}	6.60±1.12^{ab}	7.36±0.23^{a}	6.81±0.93^{ab}	7.22±0.20^{a}	7.16±0.18^{a}	0.017 8
Lactobacillus	120	6.84±0.48^{ab}	6.57±0.53^{b}	7.22±0.19^{a}	6.87±0.46^{ab}	7.33±0.16^{a}	7.03±0.35^{ab}	0.023 0
	144	6.86±0.29	6.90±0.21	7.13±0.14	7.09±0.14	7.15±0.17	6.94±0.22	0.071 0
	40	7.06±0.59	7.21±0.35	7.17±0.53	7.47±0.13	6.67±0.63	6.79±0.71	0.133 4
双歧杆菌	80	6.41±0.53	6.91±0.87	7.23±0.37	7.22±0.37	6.70±1.15	6.94±0.72	0.361 5
Bifidobacterium	120	7.01±0.35	6.96±0.45	7.04±0.31	7.24±0.13	6.88±0.49	6.81±0.51	0.531 2
	144	6.98±0.25	7.01±0.35	7.14±0.20	7.12±0.16	6.83±0.27	6.96±0.38	0.436 7

3

3 讨 论

3.1 紫花苜蓿粗多糖对蛋鸡生产性能的影响

目前，单一多糖（苜蓿多糖）作为饲料添加剂对蛋鸡生产性能影响的研究还未见报道。本试验结果表明，试验第 1~8 周，饲粮中添加 2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖显著提高了蛋鸡的产蛋率；试验全期，各紫花苜蓿粗多糖组产蛋率均高于对照组。高产蛋鸡在产蛋高峰期卵巢连续大量排卵，氧化损伤积聚导致其功能衰退[8]，促使蛋鸡产蛋率较低。饲粮中添加紫花苜蓿粗多糖能提高蛋鸡产蛋率可能是由于苜蓿多糖能通过抑制蛋鸡机体内 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼（DPPH）和羟自由基的生成[9]，增强超氧化物岐化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性[10]，缓解卵巢的氧化损伤，从而促进产蛋率的上升。此外，本试验材料紫花苜蓿粗多糖中含有少量黄酮类化合物，具有雌激素样生物活性，能通过调节生殖激素水平，增加卵泡数量，提高产蛋率[11]。试验第 17~20 周，500、1 000、2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组较对照组显著提高了蛋鸡的平均日采食量，且 250 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组显著降低了料蛋比。采食量的增加和料蛋比的降低，可能是由于紫花苜蓿粗多糖提高了鸡只对粗蛋白质、粗脂肪等养分的代谢率[12]，同时本试验结果还表明，紫花苜蓿粗多糖组能增加肠道益生菌（乳酸杆菌、双歧杆菌）数量，抑制大肠杆菌和沙门氏菌的增殖，促进了肠道健康，这也有利于养分的消化吸收，使蛋鸡的生产性能得到提高。

3.2 紫花苜蓿粗多糖对蛋鸡蛋品质的影响

蛋黄颜色的深浅主要取决于家禽从饲粮中摄取的类胡萝卜素的数量和种类[13]。其中叶黄素是饲料中最主要的着色物质。刘培培等[14]研究发现，随着饲粮中地黄多糖提取物添加水平的增加，鸡蛋蛋黄颜色显著增加。王翠菊等[15]研究表明，添加 100~250 mg/kg 黄芪多糖能在一定程度上增加色素沉积，改善蛋黄颜色。而在本试验中，试验前期(第 30~90 天)，紫花苜蓿粗多糖对于蛋黄颜色的改善作用不明显，1 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组蛋黄颜色甚至显著降低了，这可能是由于试验前期高温天气较多，鸡只的氧化应激比较严重，同

时饲粮中豆油含有的不饱和脂肪酸易于氧化，而叶黄素具有部分抗氧化作用，使得色素结构被破坏失去着色功能，因此紫花苜蓿粗多糖在试验前期对蛋黄颜色的改善效果不太理想。而在试验后期(第 120~144 天)，紫花苜蓿粗多糖组蛋黄颜色有提高的趋势。原因可能是紫花苜蓿粗多糖在产蛋后期提高了叶黄素等类胡萝卜素的稳定性，增加了卵黄中的色素沉积，从而改善了蛋黄颜色。

哈夫单位是衡量鸡蛋蛋白品质和新鲜程度的重要指标，哈夫单位越高，说明蛋白质越黏稠，品质越好。从本试验结果可以看出，饲粮中添加 4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖时，会显著降低鸡蛋哈夫单位。这可能是由于紫花苜蓿粗多糖中的半乳糖醛酸等物质是一种非淀粉多糖，具有抗营养作用，过高的添加水平阻碍了肠黏膜对饲料中蛋白质的吸收，对蛋白品质造成了不利影响。

有研究发现，饲粮中添加天然抗氧化剂会降低鸡蛋蛋形指数(长/宽)[16-17]。Reynard 等[18]研究指出，应激状态下蛋鸡排卵时间推迟，鸡蛋在子宫中停留延长，导致鸡蛋会变得狭长，蛋形指数变大。本试验第 60 天时，2 000、4 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组蛋形指数相较于对照组显著降低，原因可能在于紫花苜蓿粗多糖缓解了鸡只的应激反应，其具体机制还有待进一步的研究。

钙是构成蛋壳的主要元素，当钙分泌机能发生障碍或供应不足时，蛋壳就会变薄、变脆，影响蛋壳质量[19]。从本试验全期来看，各紫花苜蓿粗多糖组软破壳蛋率均低于对照组，其中试验第 61~90 天，250、1 000 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖组软破壳蛋率均显著降低，表明紫花苜蓿粗多糖具有改善蛋壳质量的作用。已有研究表明，植物多糖可通过细胞外钙离子内流和细胞内钙离子释放影响胞浆内的钙离子浓度[20-21]。Deng 等[22]研究报道，水溶性植物多糖具有增强肠道功能的作用，能够促进肠道对钙离子的吸收。由此推测紫花苜蓿粗多糖可能通过调节细胞内外钙离子浓度，促进蛋壳中钙的沉积，从而提高蛋壳质量，减少软破壳蛋的产生。研究发现，肠道有益菌可通过产生低级脂肪酸和乳酸等酸性物质，降低胃肠道 pH，增加钙

和磷等矿物元素的溶解度，促进钙和磷等矿物质的吸收，增强蛋壳质量[23-24]。由此可见，本试验中紫花苜蓿粗多糖组软破壳蛋率的降低也可能是由于肠道中乳酸杆菌和双歧杆菌数量的增加引起的。

3.3 紫花苜蓿粗多糖对蛋鸡盲肠微生物数量的影响

家禽有成对的盲肠，盲肠内稳定适宜的温度、pH 及较长的排空间隙，为微生物的定居繁殖提供了理想的条件。研究表明，鸡盲肠中总菌数约为 10^{11} 个/g（湿重），厌氧菌总菌数为 10^8～10^9 个/g [25]，其中至少含有 140 个属的 640 个种的细菌[26]。考虑到鸡的大肠很短，因此盲肠是鸡肠道微生物活动的主要器官。正常情况下，动物肠道中的微生物群落处于一种动态平衡中，其结构与功能受到胃肠道内环境（如氧化还原电势、pH）、外界环境条件（如温度、湿度）以及饲料的营养组成和化学结构等多种因素的影响。

已有的研究结果显示，饲粮中苜蓿多糖添加水平为 1%和 8%时均能明显促进肉仔鸡盲肠内有益菌（双歧杆、乳酸杆菌）的增殖，同时对大肠杆菌的数量有抑制作用[7,27]。此外，大量研究证实饲粮中添加天然植物多糖对动物肠道菌群有积极的调节作用。陈清华等[28]研究发现，仔猪饲粮中添加牛膝多糖能够抑制肠道大肠杆菌，同时促进双歧杆菌和乳酸杆菌的增殖，且效果优于抗生素组。董永军等[29]研究指出，饲粮中添加甘草多糖显著促进了艾维茵肉仔鸡盲肠中乳酸杆菌和双歧杆菌的增殖，抑制了大肠杆菌和沙门氏菌的数量。沈思捷等[30]研究表明，小刺猴头菌发酵浸膏多糖可显著提高肉仔鸡回肠、盲肠乳酸杆菌和双歧杆菌的数量，并能降低大肠杆菌、沙门氏菌和肠球菌的数量，其中 0.5%添加组的效果最好。本试验结果表明，饲粮中添加紫花苜蓿粗多糖可以显著提高蛋鸡的盲肠乳酸杆菌数量，一定程度上促进了双歧杆菌的增殖，同时对盲肠内大肠杆菌、沙门氏菌有明显的抑制作用，与前人的研究结果基本一致。目前，关于苜蓿多糖对肠道微生物菌群的调节机制还尚不明确，可能的作用途径主要有以下几个方面：有研究认为，某些植物多糖具有益生元效应，即由于其特殊的化学结构，使得它们不会在消化道前段被酶水解吸收，而是进入肠道后段作为肠道菌群发酵

底物，选择性的刺激有益菌的生长与活性，从而提高机体对病原微生物的抵抗力，改善宿主健康[31]。也有研究指出，植物多糖有效成分进入肠道后可通过“占位”效应与大肠杆菌、沙门氏菌等致病菌竞争肠黏膜上的附着位点，使其无法黏附定植，数量减少[32]。此外，双歧杆菌和乳酸杆菌发酵增殖的过程中产生的多种有机酸（乙酸、乳酸等）能降低肠道 pH 和氧化还原电势，从而抑制肠道内大肠杆菌、沙门氏菌等致病菌的生长，使其数量下降。联系到饲粮中添加紫花苜蓿粗多糖后提高了蛋鸡的产蛋率和平均日采食量，显著降低了料蛋比和软破壳蛋率，这与肠道中有益菌的增殖一致，表明产蛋鸡良好的生产性能和蛋品质同保持肠道中乳酸杆菌、双歧杆菌等益生菌的增殖与优势密切相关。

4　结　论

饲粮中添加适宜水平的紫花苜蓿粗多糖可以显著提高产蛋期蛋鸡生产性能，改善蛋品质，优化盲肠菌群结构。综合考虑，蛋鸡饲粮中添加 500 mg/kg 紫花苜蓿粗多糖为适宜添加水平。

参考文献：

[1] 王彦华,王成章,史莹华,等.苜蓿多糖的研究进展[J].草业科学,2007,24(4):50–53.

[2] 王少璞.苜蓿多糖提取、纯化及其对蛋鸡肝细胞生物活性的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2014:20–29.

[3] 董殿元.饲粮中添加苜蓿多糖对保育猪生长性能及血清生化指标的影响[J].养猪,2014(3):20–21.

[4] 夏素银,严学兵,王成章,等.紫花苜蓿生物活性成分在畜禽生产中的应用[J].草业科学,2010,27(7):133–140.

[5] LI J S,TANG Y S,MENG X H,et al.The proliferative effects of alfalfa polysaccharides on the mouse immune cells[J].Life Science Journal,2013,10(2):868–873.

[6] LIU H W,DONG X F,TONG J M,et al.Alfalfa polysaccharides improve the growth

performance and antioxidant status of heat-stressed rabbits[J].Livestock Science,2010,131(1):88–93.

[7] 张慧辉.水溶性苜蓿多糖的提取及其对鸡免疫功能和生产性能的影响研究[D].硕士学位论文.郑州:河南农业大学,2007:40–41.

[8] 姜礼文.排卵诱导氧化应激对蛋鸡卵巢机能的影响[D].硕士学位论文.北京:中国农业科学院,2013:22–32.

[9] 刘华伟,董晓芳,佟建明,等.苜蓿、黄芪、地衣芽孢杆菌胞外多糖体外抗氧化活性研究[J].食品工业科学,2011,32(6):76–78.

[10] 徐春燕.苜蓿多糖和黄芪多糖对肉仔鸡抗氧化性能影响的研究[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2010:34–37.

[11] 刘莹.槲皮素对蛋鸡生产性能和蛋品质的影响[D].硕士学位论文.哈尔滨:东北农业大学,2013:6–24.

[12] 陈红莉.苜蓿多糖对肉仔鸡消化代谢、生长及免疫性能影响的研究[D].硕士学位论文.石河子:石河子大学,2006:16–20.

[13] 曲湘勇,中岛隆.天然着色剂提高蛋黄色泽度的比较研究[J].中国畜牧杂志,1999,35(2):29–30.

[14] 刘培培,臧素敏,王娟,等.螺旋藻粉、地黄多糖和益母草提取物对蛋鸡蛋品质和部分生化指标的影响[J].中国家禽,2016,38(12):25–30.

[15] 王翠菊,王洪芳,陈辉,等.黄芪多糖对蛋鸡抗氧化性能和蛋品质的影响[J].动物营养学报,2011,23(2):280–284.

[16] ALI M N,HASSAN M S,ABD EL-GHANY F A.Effect of strain,type of natural antioxidant and sulphate ion on productive,physiological and hatching performance of native laying hens[J].International Journal of Poultry Science,2007,6(8):539–554.

[17] RADWAN NADIA L,HASSAN R A,QOTA E M,et al.Effect of natural antioxidant on oxidative stability of eggs and productive and reproductive performance of laying hens[J].International Journal of Poultry Science,2008,7(2):134–150.

[18] REYNARD M,SAVORY C J.Stress-induced oviposition delays in laying hens:duration and consequences for eggshell quality[J].British Poultry Science,1999,40(5):585–591.

[19] 王洪芳.黄芪多糖对蛋鸡生产性能、抗氧化酶活性、免疫机能及肠道主要菌群的影响[D].硕士学位论文.保定:河北农业大学,2010:24–25.

[20] ZHANG M,CHEN H X,HUANG J,et al.Effect of lycium barbarum polysaccharide on human hepatoma QGY7703 cells:inhibition of proliferation and induction of apoptosis[J].Life Sciences,2005,76(18):2115–2124.

[21] 王鹏雁,安建多,王池,等.槲芪散及槲寄生提取物对肝癌细胞内游离钙离子浓度的影响[J].首都医科大学学报,2012,33(3):291–296.

[22] DENG W,DONG X F,TONG J M,et al.Effects of an aqueous alfalfa extract on production performance,egg quality and lipid metabolism of laying hens[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2012,96(1):85–94.

[23] 刘爱军,尹望,李雪平.乳酸菌类微生态制剂对海兰褐蛋鸡蛋品质、肠道微生物和养殖环境的影响[J].饲料研究,2015(21):16–18,25.

[24] 郭时金.益生菌的作用机制及在蛋鸡中的应用[J].饲料研究,2011(3):23–25.

[25] BARNES E M,MEAD G C,BARNUML D A,et al.The intestinal flora of the chicken in the period 2 to 6 weeks of age,with particular reference to the *anaerobic bacteria*[J].British Poultry Science,1972,13(3):311–326.

[26] PREIDIS G A,HILL C,GUERRANT R L,et al.Probiotics,enteric and diarrheal diseases,and global health[J].Gastroenterology,2011,140 (1):8–14.

[27] 王丽荣.水溶性苜蓿多糖(WSAP)对肉仔鸡免疫机理的研究[D].硕士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2001:20–21.

[28] 陈清华,贺建华,刘祝英.牛膝多糖对仔猪肠道微生物及小肠黏膜形态的影响[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2007,33(6):723–726.

[29] 董永军,王丽荣,齐永华,等.甘草多糖对肉仔鸡肠道微生物调控的研究[J].粮食与饲料工业,2012(4):47–49.

[30] 沈思捷,姚旭,尚红梅,等.小刺猴头菌发酵浸膏多糖对肉仔鸡肠道菌群的影响[J].吉林农业大学学报,2013,35(1):83–88,93.

[31] GUO F C,WILLIAMS B A,KWAKKEL R P,et al.Effects of mushroom and herb polysaccharides,as alternatives for an antibiotic,on the cecal microbial ecosystem in broiler chickens[J].Poultry Science,2004,83(2):175–182.

[32] 魏炳栋,陈群,于维,等.黄芪多糖对三黄肉鸡生长性能及肠道菌群的影响[J].中国饲料,2013(17):26–28.

Effects of Alfalfa Crude polysaccharides on Performance, Egg Quality and Caecal Microflora Numbers of Laying Hens

WANG Jinyu　DONG Xiaofang*　TONG Jianming

(*Institute of Animal Science*, *Chinese Academy of Agricultural Sciences*, *Beijing* 100193, *China*)

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of dietary different supplemental levels of alfalfa crude polysaccharides (ACPS) on performance, egg quality and caecal microflora numbers of laying hens. Five hundred and forty 30-week-old Hy-line brown hens were randomly allocated to 6 groups with 6 replicates per group and 15 hens per replicate. Hens in control group were fed a corn-soybean meal basal diet, and those in testing groups were fed the basal diet supplemented with of 250, 500, 1 000, 2 000 and 4 000 mg/kg ACPS, respectively. The

*Corresponding author, associate professor, E-mail: xiaofangd1124@sina.com　（责任编辑　武海龙）

experiment lasted for 144 days. The results showed as follows: 1) during week 1 to 8, the laying rate of 2 000 and 4 000 mg/kg ACPS groups was significantly higher than that of the control and 250 mg/kg ACPS groups ($P<0.05$). During week 17 to 20, the average daily feed intake of 2 000 mg/kg ACPS group was significantly higher than that of the control and 250 mg/kg ACPS groups ($P<0.05$), while the feed to egg ratio of 250 mg/kg ACPS group was significantly lower than that of the control and 500 mg/kg ACPS groups ($P<0.05$). 2) Compared with the control group, all ACPS groups significantly improved the egg yolk color on day 144 ($P<0.05$), the 4 000 mg/kg ACPS group significantly decreased the Haugh unit on day 90 ($P<0.05$), the 2 000 and 4 000 mg/kg ACPS groups significantly decreased the egg shape index on day 60 ($P<0.05$), the 1 000 mg/kg ACPS group also significantly decreased the egg shape index on day 120 ($P<0.05$), the 250 and 1 000 mg/kg ACPS groups significantly decreased the soft shelled or cracked eggs rate during day 61 to 90 ($P<0.05$). 3) Compared with the control group, the 500 and 2 000 ACPS groups significantly decreased the number of *Escherichia coli* in cecum on day 80, while the number of *Lactobacillus* in cecum was significantly increased on day 80 ($P<0.05$), and the 4 000 mg/kg ACPS group also significantly increased the number of *Lactobacillus* in cecum on day 80 ($P<0.05$); the 1 000 mg/kg ACPS group significantly decreased the number of *Salmonella* in cecum on day 144 ($P<0.05$); the 500 and 1 000 mg/kg ACPS groups increased the number of *Bifidobacterium* in caecum on day 40, 80, 120 and 144, but differences between them were not significant ($P>0.05$). In conclusion, dietary supplemented suitable level of ACPS can enhance performance of laying hens during laying period, improve egg quality, and optimize caecal microflora structure. The appropriate supplemental level of ACPS is 500 mg/kg.

Key words: alfalfa crude polysaccharides; laying hens; performance; egg quality; caecal microflora